

Tartu Ülikool  
Sotsiaalteaduste valdkond  
Ühiskonnateaduste instituut  
Sotsiaaltöö ja –poliitika õppekava  
Sotsiaaltöö ja –poliitika eriala

Robin Aleks Jõgi

Rände gravitatsioonimudeli headuse testimine Tallinna, Tartu, Pärnu,  
Narva ja Rakvere näitel aastatel 2012-2015

Bakalaureusetöö

Juhendaja: Mare Ainsaar, Ph.D.

Tartu 2017

Kinnitan, et olen töö koostanud iseseisvalt. Kõik töös kasutatud teiste autorite tööd, põhimõttelised seisukohad, kirjandusallikatest ja mujalt pärinevad andmed on viidatud.

Robin Aleks Jõgi, 09.05.2017.

## **Abstract**

### **Testing the gravitational model of migration based on Tallinn, Tartu, Pärnu, Narva, and Rakvere in the time period of 2012-2015**

Engaging in social and regional policy necessitates the availability of timely information about the potential directionality of migration in order to prevent migration related problems. The aim of this paper is to test the suitability of the gravitational model of migration for understanding internal migration of regional capitals.

In addition to theoretical models this paper uses data of real migration flows for 2012-2015 which are acquired from Statistikaamet. This paper also uses data from Maanteeamet and Statistikaamet for distances between the cities, population, unemployment level, and average monthly income.

The first results showed that it was necessary to add a constant to every model. The chief results of this paper was that the most precise model for studying internal migration in Estonia was the one based on the constant and average monthly income. Internal migration is impacted by distance and population even though the correlation between estimated migration and actual migration was small. The results were more accurate when two variables were added. The gravitational model of migration could be beneficial for understanding internal migration in Estonia if suitable variables are picked. The rate of unemployment may not be a suitable variable for the Estonian context however, when accounting for income the estimates of migration flows are correct and more precise for specific towns and years.

# SISUKORD

Abstract.....	3
Sissejuhatus.....	5
1. Teoreetiline osa.....	6
1.1 Gravitatsioonimudel ja selle rakendused.....	6
1.2 Mudeli piirangud.....	8
1.3 Eesti siserände peamised suundumused taasiseseisvusaja jooksul.....	9
1.4 Probleemipüstitus.....	11
2. Metoodika.....	12
3. Mudeli vastavus ametlikele rändemahtudele.....	14
3.1 Konstandi lisamine.....	14
3.2 Mudelite headuse võrdlus.....	15
3.2 Tallinn.....	15
3.3 Tartu.....	18
3.4 Pärnu.....	20
3.5 Rakvere.....	22
3.6 Narva.....	24
Arutelu.....	27
Kokkuvõte.....	29
Kasutatud kirjandus.....	30
Lisad.....	33

## Sissejuhatus

Riigisisese rahvastiku rände uurimine on tähtis, sest lisaks majandusele mõjutab see näiteks kuritegevust, segregatsiooni, keskkonda ja rahvatervist (Dennett, 2010). Siseränne on kaasa toonud erinevaid probleeme nii arenenud riikides kui ka arengumaades (Greenwood, 1997). Paljud riigid on huvitatud meetmetest, kuidas rännet julgustada ja stimuleerida, või vastupidi, kuidas seda kontrollida ja aeglustada. Sotsiaal- ja regionaalpoliitikaga tegelevad inimesed vajavad rändega kaasnevate probleemide ennetamiseks varakult informatsiooni siserände võimalike suundade kohta.

Rände mõõtmine ja ennustamine on aktuaalne ka Eestis. Aastatel 2007-2011 vahetas Eesti sees elukohta üle maakonna, valla või linna piiri 182 604 inimest (Noorkõiv jt., 2012). Näiteks ränne linnadesse põhjustab hõredalt asustatud maapiirkondades mittetöötava elanikkonna ülalpidamisega seotud koormuse kasvu (Siseministeerium, 2014).

Rände ennustamiseks on loodud erinevaid mudeleid ja teooriaid ning peamiselt on sotsiaalteadlased keskendunud rände põhjuste selgitamisele, paiksuse analüüsile, rännet puudutavate faktorite kindlaksmääramisele ja oodatava rändesaldo ennustamisele (Rogers, 1969). Üks varasemaid mudeleid rände ennustamiseks on rände gravitatsiooniseadus, mis arvestab rändemahtude ennustamisel kahe asukoha rahvaarvu ning kohtade vahelist kaugust.

Antud töö eesmärk on testida rände gravitatsioonimudeli headust Eesti suuremate linnadega seotud siserände puhul. Töös kasutan lisaks teoreetilistele mudelitele andmeid 2012-2015 aasta ametlike rändevoogude kohta, mis on saadud Statistikaametist.

Antud bakalaureusetöö koosneb kolmest suuremast peatükist. Teoreetiline osa annab ülevaate gravitatsioonijõu mudelitest, selle rakendamisviisidest ja piirangutest. Samuti on välja toodud Eesti siserände peamised suundumused taasiseseisvumisaja jooksul. Metoodika peatükis on tutvustatud uurimismeetodeid ning analüüsiks valitud andmeid. Kolmas peatükk annab ülevaate mudeli võrdlusest ametlike rändeandmetega. Andmed on paigutatud gravitatsioonijõu mudelisse ja testitud nende paikapidavust ning analüüsitud saadud tulemusi.

Soovin tänada kõiki lähedasi, kes olid mulle toeks töö kirjutamisel ning samuti oma juhendajat, kelle loengud andsid mulle mõtteid bakalaureusetöö teema valimisel.

# 1. Teoreetiline osa

## 1.1 Gravitatsiooni mudel ja selle rakendused

Siseränne on riigisisene elukohavahetus, kui uus ja vana elukoht asuvad erinevas haldusüksuses või liigutakse vallasisese linnalise asula ja valla vahel.

Juba aastakümneid on sotsioloogid kasutanud Isaac Newtoni gravitatsiooniseaduse modifitseeritud versiooni, et ennustada rahvastikurännet. 20. sajandi migratsiooni puudutav kirjandus ütleb, et esimene viide sotsiaalsele gravitatsiooniseadusele tuleb 1858. aastal majandusteadlaselt Henry Carey, kuid tegelikkuses kasutas seda juba 1846. aastal Belgia teadlane Henri-Guillaume Desart, uurides inimeste reisimist Belgia raudteedel (Odlyzko, 2015).

Algeline gravitatsioonijõu mudel arvestab kahe asukoha rahvaarvu ning nendevahelist kaugust. Kuna suured linnad või riigid meelitavad ligi rohkem inimesi, ideid ja töökohti kui väiksemad asulad, ning üksteisele lähedal asuvate asulate vahel on omavaheline tõmme suurem, kasutatakse just neid näitajaid (Fouberg, 2007). Kahe asukohavahelise sideme tugevust määratakse gravitatsioonijõu mudeli järgi kindlaks nii, et korrutatakse asula A ning asula B rahvaarvud ning seejärel jagatakse tulemus linnadevahelise kauguse ruuduga. Valemina võib seda kujutada järgmiselt:

$$M_{ij} = \frac{P_i * P_j}{D_{ij}^2}$$

Rändepõhjuseid on palju ning ükski nendest ei ole esimeses gravitatsioonijõu mudelis esindatud. Küll aga on seda mudelit arendatud ja modifitseeritud 21. sajandini välja. William J. Reilly (1931) vaatas gravitatsioonijõu mudelit laiemalt, ning avastas seose, mille abil vaadata, kui kaugelt käivad inimesed linnades sisseoste tegemas – selle nimeks sai kaubanduse gravitatsiooniseadus. Ta avastas, et suuremate linnade puhul on kaubandus suurem ning väiksema linna puhul on piir asulale ligemal. Valemina võib seda kujutada järgmiselt:

$$BP = \frac{D_{ij}}{1 + \sqrt{\frac{P_i}{P_j}}}$$

Algsesse mudelisse on võimalik integreerida tohtul määral tegureid ning sotsiaalteadlased otsivad siiani võimalusi, kuidas rände gravitatsioonijõu mudelit täpsemaks formuleerida ning missuguseid näitajaid arvesse võtta. On selge, et kõik valemid ei ole ühteviisi head igale riigile. Näiteks mudelit, kus on arvestatud kliimaatilisi muutujaid, ei ole otstarbekas rakendada Eesti puhul, sest riik asub ühes kliimavöötmes - küll aga saaks seda kasutada näiteks Ameerika Ühendriikide puhul, kus põhjas on külmem ja lõunas soojem kliima. Eesti siserännet on võimalik uurida modifitseeritud gravitatsioonijõu mudeliga, mis on universaalne, sest sellesse saab paigutada erinevaid muutujaid (Greenwood, 1997).

$$\ln M_{ij} = \ln \beta_0 + \beta_1 \ln D_{ij} + \beta_2 \ln P_i + \beta_3 \ln P_j + \beta_4 \ln Y_i + \beta_5 \ln Y_j + \sum_{n=1}^m \beta_{in} \ln X_{in} + \sum_{n=1}^m \beta_{jn} \ln X_{jn} + e_{ij}$$

Mudelis tähistab D asulate omavahelist kaugust, P asulate rahvaarve, Y asula keskmist palka ja X võib tähistada erinevaid muutujaid, näiteks töötuse määra, kliimategureid või makse. Nagu näha, on võimalik sellesse valemisse lisada ka Eesti siserännet mõjutavaid muutujaid nagu palk või töötuse määr.

Valemi sisendeid muutes saab spekulatsioonide selle üle, missugune võiks olla erinevate situatsioonide puhul inimeste võimalik liikumine (Majmundar & Carriquiry, 2013). Näiteks, kui mõni väike tööstuslinn toetub suurel määral asulas olevale tehasele, saab mudelis andmeid vahetades uurida, missugune võiks olla elanike võimalik väljavool ja rändesuund, kui tehase suletakse. Mudelit on kiidetud ka selle lihtsa arendamisvõimaluse tõttu, sest erinevate teguritega saab uurimise alla võtta nii külasid, linnasid, maakondi, riike, kui ka mandrite omavahelisi rändevoo (Aleshkovski & Iontsev, 2005).

Gravitatsioonimudelit on kasutatud lisaks rände uurimisele veel teisteski valdkondades. Näiteks majanduses on antud mudel olnud empiirilisel üks edukamaid (Anderson & Wincoop, 2003) ning kaubavoo on sellega analüüsitud ka Eestis. Näiteks, Jane Saluorg (2015) leidis oma bakalaureusetöös, et gravitatsioonimudelite tulemused on kooskõlas Eesti ekspordi geograafilise struktuuriga. On mitmeid töid, mis tutvustavad gravitatsioonimudelit, kuid otseselt Eesti siserände ennustamisele varem keskendunud ei ole.

## 1.2. Mudeli piirangud

Gravitatsioonimudeli rakendamisel tuleb hoolikalt jälgida seda, mis muutujaid on kõige mõistlikum kasutada.

Mudeliga töötamisel on kõige suuremaks probleemiks vastavate andmestike nappus (Ramos, 2016). Kui uurimise all on väiksemad asulad, siis nendevaheline kaugus ja rahvaarv on lihtsasti leitav, kuid majandusnäitajatega võib esineda probleeme. Samuti tuleb rände ennustamisel meeles pidada ka seda, et inimesed ei pruugi sotsiaalsetele ja majanduslikele teguritele reageerida koheselt. Kui töötus mõnes asulas ühel aastal suureneb, võivad inimesed sealt ära kolida alles mitme aasta pärast. Näiteks Max Lu (1999) leidis oma uurimuses, et eluga rahulolematuse ja tahe mujale kolida ei vii tingimata päris tegudeni, ning arvas, et tihti peale on olulisem uurida seda, miks inimene nõnda ei käitunud, mitte vastupidi.

Rändemotivatsioon võib erineda nii vastavalt soole, vanusele kui ka teistele inimgruppidele ning isegi rändedistsantsi vahemaale, mistõttu on rohkelt tegureid, mida tähele on vaja panna (Niedomysl, 2011). Tartu Ülikooli vanemteadur Mare Ainsaar (2000) on uurinud rändemotiive Eesti näitel ning leidis, et 20. sajandi lõpul oli põhiliseks kolimise põhjuseks Eestis perekonnaga seotud tegurid, millele järgnesid töö ja elamispinnaga seotud põhjused. Inimese heaolu on suurem, kui ta saab oma perega koos olla, kuid seda on jällegi raske gravitatsioonimudelil kasutada, kuigi võib järeldada, et kogukonnad, kus pered elavad koos, on õnnelikumad, mis muudab asukoha atraktiivsemaks.

Vastupidiselt Mare Ainsaare uuringule (2000) leidis Thomas Niedomysl (2011), et üldisel arusaamal, mille puhul on lühem ränne seotud elamispinna ja pikem ränne rohkem töökoha vahetusega, on siiani mingil määral alust, kuid see on aina rohkem kadumas ning vastab ainult väikesele osale rände mahust.

Samuti tuleks erinevatele vanusgruppidele gravitatsioonimudelit rakendades leida täpsemad mõjutajad. Näitena võib tuua selle, et pensioniealiste inimeste potentsiaalse rände ennustamisel ei sobi valemisse integreerida töökohtade hulka või töötuse määra, nagu ka lühema distantsiga asukohtadevahelise rände uurimisel ei tasu vaadata kliimaatilisi erinevusi, sest suure tõenäosusega ei mängi need rändemotiividena suurt rolli ja võivad lõppkokkuvõttes saadud tulemusi segama hakata. Samuti mõjutavad inimeste elukohavalikuid veel isegi näiteks see, missuguses keskkonnas on nad minevikus olnud, mis omakorda võib muuta rändemotivatsiooni väga laiali valguvaks (Leetmaa, jt., 2014). Leetmaa, Tammaru, Hessi ja



Mägi uurimusest võib järeldada seda, et kõige täpsemad andmed rände mõõtmiseks ei saa ainult hetkemõjurite kasutamisel, vaid tuleks vaadata ka kogukonnas olevate inimeste kultuurilist tausta, ning seda, kust ja kuidas nad sellesse kogukonda jõudnud on.

Näiteks on leitud märkimisväärseid seoseid inimese rändamise ja sellega kaasneva heaolumuutuse vahel (Nowok jt., 2013). Inimesed on õnnelikumad kohe peale kolimist ning rändele eelneb tihti peale inimese heaolu vähenemine. Uus keskkond ja sellega kaasnevad võimalused muudavad eelmainitud uuringu järgi inimese heaolu tunduvalt suuremaks. Sellegipoolest ei ole head näitajad, millega saaks heaolu enne rännet mõõta. Mudelid eeldavad, et kõigil on potentsiaalselt võimalus elukoha vahetuseks. Praktikas on see sageli piiratud majanduslike ja informatsiooni võimalustega (Ainsaar, 2000).

### **1.3. Eesti siserände peamised suundumused taasiseseisvusaja jooksul**

Üleminekuperioodil oli siseränne suurim noortel, kes lahkusid väiksematest asulatest ning saabusid Tallinnasse või mujale regioonikeskustesse ja nende tagamaadele, kusjuures rändeintensiivsus vähenes vanuse kasvades (Jõeveer, 2003; Kutsar, 2003; Tammur, 2003; Uiboupin, 2003). Tammur ja Kutsar leidsid, et meessoost isikud rändasid rohkem töö pärast ja naiste rändetase oli kõrgem perekonnaga seotud põhjuste tõttu ning 90ndatel oli eestlastest elukohavahetajaid rohkem kui mitte-eestlastest rändajaid. Põhiharidusega inimesed rändasid rohkem kui kõrgharidusega inimesed ning inimesed liikusid tööpuudusega aladelt väiksema tööpuudusega aladele (Jõeveer, 2003; Uiboupin, 2003). Tähtsaimateks teguriteks inimeste rände puhul üleminekuajal peetakse haridustaset ning sellega kaasnevat võimalust saada hea töökoht (Kulu & Billari, 2004). Uuringust tuli välja ka see, et vallaliste või lahutatud inimeste ja abielus olevate isikute rändeaktiivsus ei erinenud. Peale Nõukogude Liidu lagunemist suurenes töökohtade arv avalikus sektoris ja äriteenuste pakkumises, mis nõudsid omakorda kõrghariduse olemasolu (Kontuly & Tammaru, 2006). See pani inimesed rändama Tallinnasse ja mujale suurematesse linnadesse, kus pakuti kõrgharidust ja uusi töökohti.

21. sajandi alguses jätkus rahvastiku koondumine linnadesse, eriti pealinna ja mujale regioonikeskustesse: seda ennekõike kõrgkooli õppima asumise, töökohtade rohkuse ning paremate pereloomise tingimuste tõttu (Tammur, 2009). Kuigi endistel Nõukogude Liidu aegsetel riikidel on raskemad võimalused areneda industriaalühiskonnast täieliku infoühiskonnani, on Eesti riik sinna poole teel ning seda näitab ka riigisisene ränne, kus maapiirkondadest ja põllumajandussektorist üritatakse aina rohkem liikuda linnade lähedale ja teenindussektoris. Kadri Leetmaa ja Annika Väiko (2015) uurimusest selgus, et uuel

aastatuhandel on senised tõmbekeskused taandumas ja peale Tallinna ja Tartu on vähenemas linnade rahvastik. Linnastumine ja eeslinnastumine Eestis on jätkunud 2011. aastani ning seda peamiselt noorte inimeste eneseteostusvajaduse ning perealustamise tingimuste tõttu (Lüll, 2014). Väikeste gümnaasiumide sulgemine ning inimeste ümberpaiknemine suuremate linnade ümber tekitab tööpuudust väiksemates asulates.

21. sajandi teise kümnendi siserände põhjuste kohta annab ülevaate Eesti uuringukeskuse (2014) teostatud uurimus, kus selgus, et peamised rändepõhjused on jagunenud kolme gruppi: tööga seotud, eluasemega seotud ning isiklikud ja perekondlikud põhjused. Elukohavahetust mõjutasid madalad palgad, töökohtade vahetus ning ka tiheda ühistranspordi võrgustiku olemasolu, sotsiaalteenused ja –toetused ning erinevad vaba aja sisustamise võimalused. Üleminekuperioodiga on sarnane see, et kõige suurema rändamissooviga on siiani töötud ja tööotsijad. Samuti rändavad mehed rohkem töö pärast ja naiste rändemotivatsioon on seotud perekonnaga.

2014-2020. aasta Eesti regionaalarengu strateegia aruandes (2014) on kirjutatud, et riigisisene ränne on olnud olulisim piirkondade sotsiaal-majandusliku arenguolukorra erinevusi põhjustav rahvastikuprotsess juba pikka aega. See on kaasa toonud erinevaid probleeme, mille hulka võib lugeda transpordi ja sotsiaalse infrastruktuuri puudulikkuse, loodusliku linna- ja maakeskkonna halvenemise ning avalike hüviste, näiteks lapsehoiu-, üldharidus- ja ühistransporditeenuste nõudluse hüppelise kasvu, mida riik ei suuda nõudlusele vastavalt rahuldada.

#### **1.4. Probleemipüstitus**

Kuigi Eestis on siserännet uuritud, keskendutakse enamasti rände mõjutajatele, suundumustele ja mahule. Vähem on uuritud võimalusi, kuidas inimeste liikumist ette näha ja rändega seotud mudeleid valideerida.

Teoreetilisele osale toetudes otsitakse antud bakalaureusetöös vastused järgnevatele küsimustele:

1. Kui suurel määral on Eesti siserännet võimalik rände gravitatsioonimudeliga ette ennustada;
2. Milline mudel on rändevoogude ennustamisel kõige täpsem;
3. Millise linna puhul on mudelid kõige täpsemad?

## 2. Metoodika

Rände gravitatsioonimudeli headuse testimiseks olen valinud linnadeks Tallinna, Tartu, Pärnu, Rakvere ja Narva. Asulate valimisel keskendusin eelkõige rahvastiku arvule - seega otsustasin kasutada elanike arvu poolest nelja suurimat linna ning kaheksandal kohal olevat Rakvere. Viiendal kohal asuva Kohtla-Järve jätsin välja sellepärast, et selle linnaosad asuvad mööda Ida-Virumaad laiali ning seetõttu on raske leida õiget punkti, mille kaudu kaugust teiste linnadega võrrelda. Samuti asub see Narvale väga lähedal. Distsantsi tõttu jätsin välja ka kuuendal kohal asuva Viljandi, mis on lähedal Tartule ning seitsmendal kohal oleva Maardu, mis on lähestikku Tallinnaga.

Gravitatsioonimudeli rakendamiseks kogusin nii rände ennustamiseks vajalikke, kui tegelikke rändeandmeid. Kõige algelisema mudeli jaoks, kus kahe linna rahvastiku arv tuleb jagada nendevahelise distantsiga, sain andmed vastavalt Statistikaametist (Lisa 1) ja Maanteeametist (Lisa 2). Et antud bakalaureusetöö oleks võimalikult tänapäevane, otsustasin vaatluse alla võtta aastad 2012-2015. Esitades selle ajavahemiku kohta päringu Statistikaametisse, sain ametlikud arvud inimeste siserände kohta, st kui palju esines uurimise alla võetud linnade vahel registreeritud inimeste liikumist.

Esimese mudelina kasutan kõige lihtsamat rände gravitatsiooni mudelit, kus asula A ja asula B rahvaarvude korrutis jagatakse nendevahelise kauguse ruuduga.

$$M_{ij} = \frac{P_i * P_j}{D_{ij}^2}$$

Teises mudelis lisan linnade töötuse määra (Lisa 12). Andmed töötuse ja rahvastiku kohta kogusin Statistikaameti kodulehelt ja andmebaasist. Et leida linna A sissevool linnast B, tuleb mudeli tulemustele juurde korrutada linna A töötuse määra jagatis linna B töötuse määraga.

$$M_i = \frac{P_i * P_j}{D_{ij}^2} * \frac{\text{Töötuse määr}_i}{\text{Töötuse määr}_j}$$

Kolmandas mudelis lisan esimesse mudelisse elanike kuu keskmise brutotulu. Vastavad andmed sain Statistikaametist.

$$M_i = \frac{P_i * P_j}{D_{ij}^2} * \frac{\text{Kuukeskmise brutotulu}_i}{\text{Kuukeskmise brutotulu}_j}$$

Neljandas mudelis ühendan omavahel gravitatsioonijõu mudeli tulemused linnade töötuse määra ning kuukeskmise brutotuluga. Valemina võib seda esitada järgmiselt:

$$M_i = \frac{P_i * P_j}{D_{ij}^2} * \frac{\text{Töötuse määr}_i}{\text{Töötuse määr}_j} * \frac{\text{Kuukeskmise brutotulu}_i}{\text{Kuukeskmise brutotulu}_j}$$

Mudeli headuse testimiseks leian mudeli vea. Selleks liidan ühel aastal toimunud tegeliku sisse- ja väljarände ja saan kogu rändemahu. Kogu rändemahu lahutan mudeli tulemusest ning vahe jagan sama aasta ametliku rändega. Saamaks ülevaadet gravitatsioonijõu mudeli headusest, koostan 5 Eesti linna puhul tabelid ning seejärel võrdlen saadud tulemusi Statistikaameti kogutud ametlike andmetega, et leida vastused uurimisküsimustele ning vaadata, kas gravitatsioonimudelit saab Eesti siserände ennustamiseks kasutada.

### 3. Mudeli vastavus ametlikele rändemahtudele

#### 3.1 Konstandi lisamine

Esimesed analüüsid mudeliga näitasid järgmist: et esimese gravitatsioonimudeli tulemused oleksid võrreldavad Eesti ametlike rändemahtudega, tuleb need läbi korrutada konstandiga. Näiteks, 2015. aastal vahetas Narva ja Tallinna vahel elukohta 555 inimest, kuid mudeli järgi oleks see pidanud olema umbes 548 000. Konstandi saamiseks tuleb liita ühel aastal toimunud tegelik ränne linnade vahel ning jagada see sama aasta mudelite järgi saadud gravitatsioonijõudude summaga (Thomas & Huggett, 1980).

2012. aasta konstandiks on 0,00031, 2013. aasta parim konstant oleks 0,00033, 2014 jaoks 0,00028 ning 2015. aasta jaoks 0,00032. Rakendan 2012. aasta konstanti ka järgnevate aastate rände mudelites (Lisa 7, Lisa 8, Lisa 9, Lisa 10, Lisa 11), sest 2012. aasta konstandi puhul on tegemist ka valitud aastate keskmise arvuga. Järgnevalt toon välja mudelite valemid konstandi lisamisel.

Esimene gravitatsioonimudel:

$$M_{ij} = k * \frac{P_i * P_j}{D_{ij}^2}$$

Teine gravitatsioonimudel:

$$M_i = k * \frac{P_i * P_j}{D_{ij}^2} * \frac{\textit{Töötuse määr}_i}{\textit{Töötuse määr}_j}$$

Kolmas gravitatsioonimudel:

$$M_i = k * \frac{P_i * P_j}{D_{ij}^2} * \frac{\textit{Kuukeskmise brutotulu}_i}{\textit{Kuukeskmise brutotulu}_j}$$

Neljas gravitatsioonimudel:

$$M_i = k * \frac{P_i * P_j}{D_{ij}^2} * \frac{\textit{Töötuse määr}_i}{\textit{Töötuse määr}_j} * \frac{\textit{Kuukeskmise brutotulu}_i}{\textit{Kuukeskmise brutotulu}_j}$$

### 3.2 Mudelite headuse võrdlus

Mudelite ennustamise tulemused on erinevad ning kõige parem on neid võrrelda veaprotsendi järgi (Tabel 1).

Tabel 1. Mudelite headuse võrdlus veaprotsendi järgi.

	Esimene mudel	Teine mudel	Kolmas mudel	Neljas mudel
Tallinn	54,2%	3%	6,6%	3,07%
Tartu	58,1%	7,9%	15,55%	7,84%
Pärnu	65,3%	39%	33,26%	35,16%
Rakvere	2,46%	121,24%	108,3%	149,16%
Narva	55,38%	4,8%	6,59%	12%
KOKKU	235,44%	175,94%	<b>170,3%</b>	207,26%

Tabelist 1 võib näha seda, et kolmas mudel on antud linnade puhul 2012-2015 aastate lõikes ennustamiseks kõige parem, sest veaprotsent kokku on kõige väiksem. Kõige halvemaks mudeliks on veaprotsendi järgi esimene mudel. Rakvere linna puhul on vead kõige suuremad - kui antud linn näiteks arvestusest välja jätta, oleks teise mudeli veaprotsendiks ligikaudu 55%, kolmanda mudeli veaprotsendiks ligikaudu 62% ning neljandal mudelil umbes 58%.

Kõige täpsemad on mudelid Eesti 3 suurima linna, ehk Tallinna, Tartu ja Narva puhul. Vähem töötavad need Pärnu ja Rakvere puhul, mille põhjuseks võib olla see, et need linnad on liialt seotud Tallinnaga ning motivatsioon mujale kolida on väiksem. Järgnevalt on analüüsitud tulemusi linnade lõikes.

### 3.3 Tallinn

Esimene gravitatsioonimudel ennustab, et kõige suurem side on Tallinnal Tartuga, millele järgnevad Pärnu ja Narva ning kõige väiksem Rakverega (Lisa 7).

Tabel 2. Tallinna gravitatsioonijõu mudelite veaprotsendid.

	Esimene mudel	Teine mudel	Kolmas mudel	Neljas mudel
Veaprotsent kokku	54,2%	<b>3%</b>	6,6%	3,07%
Tartuga	65,41%	25,34%	30,7%	<b>24,9%</b>
Pärnuga	35,51%	34,42%	31,8%	<b>31,26%</b>
Rakverega	<b>2,54%</b>	109,93%	101,8%	126,88%
Narvaga	68,84%	36,31%	<b>34,2%</b>	41%

Vaatamata sellele, et mudelile lisatud konstant muudab tegeliku tulemuse mudeliga sarnasemaks, ei ole tegemist siiski täpsete arvudega, sest veaprotsent kokku on 54,2%. Lisast 7 võib välja lugeda seda, et mida lähemal on linn, seda täpsem on ennustus. Kõige paremini on mudel ennustanud elanike liikumisi Tallinna ja Rakvere vahel, kus näiteks aastal 2013 on mudeli ja ametlike andmete vahe ainult 8 inimest. Pärnu ja pealinna vahel on elukohta aga vahetanud igal aastal vähemalt 100 inimest rohkem kui ennustatud. Tartu puhul on vahe aga juba kolme- ning Narva puhul peaaegu neljakordne, mistõttu võib järeldada, et konstandiga mudel on siserände ennustamiseks ebatäpne.

Teise mudeli puhul on veaprotsent kõige madalam, mis tähendab seda, et kogurände ennustamine on kõige täpsem. Kõige täpsemalt on veaprotsendi järgi ennustatud ränne Tallinna ja Tartu vahel. Samas rändesuundasid sellega ennustada ei saa, sest mudel ütleb sel juhul, et kui linnas A on kõrgem töötuse määr kui linnas B, rändab linna A rohkem inimesi (Lisa 13). Näiteks, aastal 2012 oli Pärnu töötuse määraks 10,5% ja Tallinnas 9,5% ning sellest tuleneb ennustus, kus Tallinn kaotab rohkem inimesi Pärnule, kui sealt vastu tuleb, mis aga pealinna puhul ei ole juhtunud reaalsuses mitte ühegi linnaga vaatluse all olevatest aastatest – seega ei piisa ainult töötuse määra lisamisest gravitatsioonimudelisse, et siserände suundasid ennustada ja selle kohta järeldusi teha. Samas kogurände ennustamise puhul on antud mudel kõige täpsem.

Kuna kolmas mudel töötas valitud viie linna puhul kõige paremini, on eraldi välja toodud ka kolmanda mudeli täpsemad arvnäitajad. Lisades algelisele mudelile konstandi ja elanike kuukeskmise brutotulu, on kolmanda mudeli tulemused Tallinna ja teiste linnade kogu siserännet vaadates samuti üsna täpsed, sest veaprotsendiks on ainult 6,6% (Tabel 1).



Tabel 2. Kolmanda mudeli erinevus (sulgudes) registreeritud elanike liikumisest Tallinna ja teiste linnade vahel (LA – lahkub; SA – saabub; V - veaprotsent).

	Tartu		Pärnu		Rakvere		Narva		KOKKU erinevused
	LA	SA	LA	SA	LA	SA	LA	SA	
2012	334 (-49)	390 (+256)	252 (-105)	382 (-15)	167 (-94)	237 (-62)	121 (-30)	238 (+232)	2121 (+133)
2013	336 (-132)	390 (+574)	251 (-118)	383 (-34)	166 (-120)	241 (-79)	121 (-50)	236 (+299)	2124 (+340)
2014	338 (-126)	388 (+386)	253 (-118)	383 (-97)	166 (-126)	241 (-145)	121 (-49)	236 (+146)	2126 (-129)
2015	336 (-53)	381 (+423)	256 (-77)	387 (-51)	173 (-117)	246 (-68)	122 (-16)	237 (+212)	2138 (+253)
KOKKU erinevused	1344 (-360)	1549 (+1639)	1012 (-418)	1535 (-197)	672 (-457)	965 (-354)	485 (-145)	947 (+889)	
KOKKU linna erinevused	2893 (+1279) V: 30,7%		2547 (-615) V: 31,8%		1637 (-811) V: 101,8%		1432 (+744) V: 34,2%		8509 (+597) V: 6,6%

Tallinna mudeli erinevused ametlike andmetega on sellegipoolest silmnähtavad. Näiteks Tallinna ja Rakvere omavahelise rände veaprotsendiks on 101,8%. Kõige täpsemateks üksikjuhtudeks võib pidada pealinlaste kolimist Narva, kus aastal 2012 eksis mudel ainult 30 ning aastal 2015 16 inimesega. Vaatamata sellele, et kogurände suutis mudel üsna hästi ette näha, võib linnasid eraldi vaadates väita, et mudel on üksikute eranditega sellegipoolest rändesuundade ennustamiseks ebatäpne, kuid sobib kogurände ennustamiseks.

Neljas gravitatsioonimudel, millesse on lisatud konstant, töötuse määr ning kuukeskmise brutopalk, ennustab, et Tallinna ja teiste linnade kogurände veaprotsent on 3,07%. Linnadevaheline liikumine eraldi on aga kohati isegi täpsemini ennustatud võrreldes eelmise mudeliga (Lisa 19). Näiteks, kui Tartu puhul oli eelmises mudelis aastal 2015 sisserrändega eksitud 423 inimesega, siis neljandas mudelis on vastavaks arvaks 161. Väga täpseteks ennustusteks on ka 2012. aasta väljaränne Tartusse, kus on eksitud 7 inimesega ning kogu 2015. aasta sisse- ja väljaränne, kus on eksitud 11 inimesega. Samas on 2014. aastal rännanud Rakverest Tallinnasse lausa 300 inimest vähem kui ennustus ütleb – võrdluseks toon välja fakti, et kõikide aastate koguränne Tallinna ja Rakvere vahel kokku on 826 inimest. Ka narvalaste kolimise ennustamisel Tallinnasse on mudel eksinud keskmiselt ligi 285 inimesega,

mistõttu võib järeldada, et neljas mudel on Tallinna näitel siserände suundade ennustamiseks ebatäpne, mida võis ka eeldada, kuna pealinna puhul on tegu Eesti mõistes metropoliga, mille rahvastiku arv ületab teisi linnu mitmekordselt ning palgad on samuti suuremad. Kuigi kogurände ennustamise veaprotsent ei ole suur, siis täpsemaks rändesuundade ennustamiseks tuleks vaadata teisi tegureid ning võibolla segadust tekitav töötuse määr üldse välja jätta.

### 3.4 Tartu

Esimese gravitatsioonimudeli järgi peaks Tartul olema kõige tugevam side Tallinnaga, millele järgnevad Narva, Pärnu ning Rakvere (Lisa 7).

Tabel 3. Tartu gravitatsioonijõu mudelite veaprotsendid.

	Esimene mudel	Teine mudel	Kolmas mudel	Neljas mudel
Veaprotsent kokku	58,1%	7,9%	15,55%	<b>7,84%</b>
Tallinnaga	65,41%	25,34%	30,7%	<b>24,9%</b>
Pärnuga	37,84%	53,28%	<b>26,64%</b>	49,78%
Rakverega	<b>16,79%</b>	69,8%	148,51%	194,25%
Narvaga	<b>160,92%</b>	512,64%	461,45%	396,9%

Kui Tallinn Eesti metropolina kõrvale jätta, võib väga täpseid arve näha nii Pärnu kui Rakverega. Näiteks, aastal 2013 ennustab mudel, et Pärnu ja Tartu vahel vahetab elukohta 41 inimest, mis on ametlikest andmetest ainult 4 inimese võrra väiksem. Aastal 2014 aga ennustas mudel õigesti, et Tartu ja Rakvere vahel rändab kokku 31 inimest. Kõige täpsem on esimene mudel olnud Tartul Rakverega, mille veaprotsent on 16,79%, ning Narvaga, mille veaprotsent on ligi 3 korda madalam võrreldes teiste mudelite ennustustega.

Lisades valemisse töötuse määra, ei muutu tulemused täpsemaks (Lisa 14). Ennustuse järgi kaotab Tartu keskmiselt kolmekordselt ning aastal 2015 lausa kaheksakordselt elanikke Pärnule võrreldes sellega, mis suvepealinnast vastu tuleb. Teise mudeli kogurännet väljendav veaprotsent on küll madal (7,9%), kuid Tartu näitel ei ole see ühegi linna puhul headuselt esimesel kohal, Pärnu ja Narva puhul lausa kõige halvem mudel rände ennustamiseks, sest veaprotsendid on kõige kõrgemad ning Tartu konstantne rahvastiku kaotus ei vasta ametlikele andmetele. Kuna gravitatsioonimudel eeldab, et mida kõrgem on töötuse määr, seda rohkem elanikke sinna kolib ning Pärnu ja Narva vastavad protsendid on kõrgemad kui Tartul, oli

selliseid tulemusi ka oodata (Lisa 12). Tulemuste analüüsile toetudes võib väita, et teine mudel ei muuda rändesuundi täpsemaks, kuid kogu rändevoogu saab madala veaprotsendiga ette ennustada.

Kui konstandile lisaks integreerida valemisse aga ainult elanike kuukeskmise brutotulu, muutuvad rändesuunad täpsemaks, aga üldine veaprotsent tõuseb (Tabel 4). Mudel ennustab aastatel 2012-2015 Tartu ja teiste linnadevaheliseks kogurändeks 3942 inimest, mis on tegelikest rändevoogudest 15,55% väiksem. Ka eraldi linnasid vaadates võib näha seda, et aastaid, kus mudel on eksinud vähem kui 10 inimesega, on lisandunud rohkem.

Tabel 4. Kolmanda mudeli erinevus (sulgudes) registreeritud elanike liikumisest Tartu ja teiste linnade vahel (LA – lahkub; SA – saabub; V - veaprotsent).

	Tallinn		Pärnu		Rakvere		Narva		KOKKU erinevused
	LA	SA	LA	SA	LA	SA	LA	SA	
2012	390 (+256)	334 (-49)	36 (=0)	47 (-6)	29 (-18)	35 (-9)	45 (-27)	77 (-54)	993 (+93)
2013	390 (+574)	336 (-132)	36 (-11)	49 (-29)	28 (-18)	35 (-22)	45 (-41)	75 (-59)	994 (+262)
2014	388 (+386)	338 (-126)	35 (+4)	46 (-13)	28 (-14)	35 (-18)	43 (-39)	73 (-71)	986 (+109)
2015	381 (+423)	336 (-53)	34 (-1)	45 (-13)	27 (-13)	34 (+10)	41 (-38)	71 (-54)	969 (+261)
KOKKU erinevused	1549 (+1639)	1344 (-360)	141 (-8)	187 (-61)	112 (-63)	139 (-39)	174 (-145)	296 (-238)	
KOKKU linna erinevused	2893 (+1279) V: 30,7%		328 (-69) V: 26,64%		251 (-102) V: 148,51%		470 (-383) V: 461,45%		3942 (+726) V: 15,55%

Kõige täpsemini on mudel ennustanud tartlaste väljarännet Pärnusse, kus eksitud on kõikide aastate peale kokku ainult 8 inimesega ning linnade koguveaprotsendiks on 26,64%. Alla 15 inimesega on mudel eksinud 11 korda 32 võimalikust, mis tähendab seda, et keskmiselt iga kolmas ennustus on osutunud üsna täpseks. Kuna veaprotsent kokkuvõttes on üsna madal, võib väita, et Tartu siserände ennustamisel võib kasutada kolmandat mudelit, kuid kindlasti peaks leidma veel rännet mõjutavaid tegureid, mis võiks tulemusi täpsemaks teha.

Neljas mudel on Tartu puhul osutunud kõige täpsemaks, sest veaprotsent on ainult 7,84%. Samuti on tegemist parima mudeliga, millega ennustada Tartu ja Tallinna omavahelisi rändevooge, sest veaprotsendiks on 24,9% (Lisa 20). Vaatamata sellele, et 2014. aastal on

ennustatud kogu linnadevaheline ränne täpselt õigeks, on ülejäänud tulemused suundade osas ebatäpsed. Mudeli järgi kaotab Tartu keskmiselt 4 aasta jooksul umbes 77 inimest Narvale, kuid tegelikkuses võib ülikoolilinn tunduvalt rohkem elanikke igal aastal ning olukord on vastupidine ainult aastal 2014, kus Narva liigub elama 2 tartlast rohkem. Antud linnade puhul on veaprotsent samuti väga suur – ennustuse järgi liigub linnade vahel tegelikkusest 396,9% rohkem inimesi. Ebatäpsete rändesuundade põhjus võib olla töötuse määra kasutamises, sest keskmise brutotulu puhul olid tulemused suundade puhul täpsemad – seega võiks tulevikus proovida lisaks palganumbritele kasutada veel erinevaid mõjutajaid, mis võiksid täpsemaid rändesuundi näidata, jättes kogu veaprotsendi sama madalaks.

### 3.5 Pärnu

Kõige suurem tõmme on esimese mudeli järgi Pärnul Tallinnaga, millele järgnevad Tartu, Narva ning viimasena Rakvere, mis vastavad ka ametlikele rändevoogudele (Lisa 9).

Tabel 5. Pärnu gravitatsioonijõu mudelite veaprotsendid.

	Esimene mudel	Teine mudel	Kolmas mudel	Neljas mudel
Veaprotsent kokku	65,3%	39%	<b>33,26%</b>	35,16%
Tallinnaga	35,51%	34,42%	31,8%	<b>31,26%</b>
Tartuga	37,84%	53,28%	<b>26,64%</b>	49,78%
Rakverega	<b>11,11%</b>	114,81%	77,77%	107,14%
Narvaga	<b>25%</b>	153,57%	150%	150%

Näiteks Pärnu ja Rakvere vahel ennustab mudel seda, et aastatel 2012-2015 vahetab nende linnade vahel elukohta 24 inimest ning tegelikkuses tegi seda 27 elanikku, mis teeb veaprotsendiks 11,11%. Narva puhul ennustati rändevooks 35 inimest ning tegelikkuses liikus kahe linna vahel 28 inimest, mis teeb veaks 25%. Üldist rännet esimese mudeliga Pärnu puhul ennustada aga antud linnade näitel ei saa, sest üldine veaprotsent on 65,3%, mis on 4 testitud mudeli peale kõige kõrgemaks tulemuseks.

Kui lisada konstandiga gravitatsioonijõu mudelile töötuse määr, mis on neljast aastast kahel vaatluse all olevatest linnadest Pärnul kõige kõrgem, on mudeli kogu veaprotsent 39% (Lisa 15). Samas ennustab mudel, et Pärnu võib juurde elanikke igast linnast ning kohati on elanike sissevool mitu korda suurem väljavoolust, mis ei vasta ametlikele andmetele. Töötuse

määraga mudel näitab just Pärnu kui kõrgeimate protsentidega linna puhul seda, et antud muutuja on Eesti puhul vastuoluline, sest töötuse määr on linnades väga erinev ning aastate lõikes ka hüplik, mistõttu ei jõua rahvas sellele reageerida. Töötuse määr võib sobida pikaajalise rände uurimiseks ja ennustamiseks, kuid lühiajaliste rändesuundade uurimiseks ja ennustamiseks antud muutuja ei pruugi Eesti puhul sobida.

Gravitatsioonimudel, millesse on integreeritud elanike kuukeskmise brutotulu, ennustab aastateks 2012-2015 seda, et Pärnu ja teiste linnade vahel vahetavad elukohta 2993 inimest, mis on tegelikust numbrist 747 inimese võrra suurem ning teeb veaks 33,26% (Tabel 6).

Tabel 6. Kolmanda mudeli erinevus (sulgudes) registreeritud elanike liikumisest Pärnu ja teiste linnade vahel (LA – lahkub; SA – saabub; V - veaprosent).

	Tallinn		Tartu		Rakvere		Narva		KOKKU erinevused
	LA	SA	LA	SA	LA	SA	LA	SA	
2012	382 (-15)	252 (-105)	47 (-6)	36 (=0)	6 (-4)	6 (-1)	8 (-8)	10 (-6)	747 (-145)
2013	383 (-34)	251 (-118)	49 (-29)	36 (-11)	6 (-5)	6 (-4)	8 (-2)	10 (-10)	749 (-213)
2014	383 (-97)	253 (-118)	46 (-13)	35 (+4)	6 (-3)	6 (=0)	8 (-3)	10 (-2)	747 (-232)
2015	387 (-51)	256 (-77)	45 (-13)	34 (-1)	6 (-1)	6 (-3)	7 (-2)	9 (-9)	750 (-157)
KOKKU erinevused	1535 (-197)	1012 (-418)	187 (-61)	141 (-8)	24 (-13)	24 (-8)	31 (-15)	39 (-27)	
KOKKU linna erinevused	2547 (-615) V: 31,8%		328 (-69) V: 26,64%		48 (-21) V: 77,77%		70 (-42) V: 150%		2993 (-747) V: 33,26%

Kui vaadata eraldi liikumisi linnade vahel, saab välja lugeda seda, et ainuüksi Tallinna puhul ennustab mudel kõikide aastate peale, et pealinna ja Pärnu vahel liigub 615 inimest registreeritud rändest rohkem, mis jätab ülejäänud kolme linna peale eksimiseks ainult 132 inimest. Kõige täpsemini on ennustatud Pärnu sidemed Tartu ja Tallinnaga. Tulemustest võib järeldada seda, et palganumbrid on Pärnu gravitatsioonimudeli koostamisel olulised ning tulevikus tasub Pärnu elanike siserände ennustamismudeli koostamisel keskmine brutotulu sisse jätta.

Neljas gravitatsioonimudel ennustab seda, et aastatel 2012-2015 vahetavad Pärnu ja teiste linnade vahel elukohta 3037 inimest, mis on vaid 1,9% võrra ebatäpsem kui ainult kuukeskmise brutotulu arvestav mudel (Lisa 21). Kõige täpsem on see Tartu ja Tallinna puhul,

mille veaks on ligikaudu 40%. Tabel on rändesuundade osas siiski üsna ebatäpne, mida tingib suvepealinna kõrge töötuse määr. Tulemused näitavad näiteks seda, et Pärnu võidab aastatel 2013 ja 2015 Tallinnalt elanikke, mis aga ametlikele andmetele ei vasta. Samas on keskmise palga lisamine tulemusi mingil määral korrastanud, mille põhjal võib väita seda, et töötuse määr ei sobi kõrge töötusega linnade puhul siserände suundade uurimiseks gravitatsioonimudelisse, sest inimeste rändemotivatsiooniks ei ole liikumine madalama tööpuudusega asulatest kõrgema tööpuudusega linnadesse.

### 3.6 Rakvere

Esimene gravitatsioonijõu mudel ennustab, et kõige tugevam tõmme on Rakverel Tallinnaga, millele järgnevad Tartu, Narva ning viimasena Pärnu (Lisa 10).

Tabel 7. Rakvere gravitatsioonijõu mudelite veaprotsendid.

	Esimene mudel	Teine mudel	Kolmas mudel	Neljas mudel
Veaprotsent kokku	<b>2,46%</b>	121,24%	108,3%	149,16%
Tallinnaga	<b>2,54%</b>	109,93%	101,8%	126,88%
Tartuga	<b>16,79%</b>	69,8%	148,51%	194,25%
Pärnuga	<b>11,11%</b>	114,81%	77,77%	107,14%
Narvaga	<b>493,33%</b>	1266,66%	1113,33%	1193,33%

Tegemist on Rakvere puhul kõige täpsema mudeliga, sest kogurände veaprotsent on 2012-2015 aastate puhul kokku ainult 2,46%. Samuti on võrreldes teiste mudelitega kõige täpsemini ennustatud iga linna rändevood. Näiteks Rakvere ja Tallinna omavahelise rände ennustamisel on mudel eksinud ainult 21 inimesega, mis teeb 4 aasta peale veaks vaid 2,54%. Ka Narva puhul on ennustus olnud kõige täpsem, kuid viga on sellegipoolest väga suur – 493,33%.

Töötuse määra lisamine mudelisse muudab tulemused ebatäpsemaks (Lisa 16). Kõikide aastate ja linnade peale kokku on viga teise mudeli puhul 121,24%. Näiteks Rakvere ja Narva omavaheliseks rändeks ennustab mudel, et 4 aasta jooksul kaotab Rakvere piirilinnale 154 elanikku ning võidab 51 inimest, kuid ametlike andmete järgi kolis Narvast Rakverre rohkem inimesi (11) kui vastupidi (4), mis teeb veaks lausa 1266,66%. Mudeli ja tegelikkuse erinevuse tingib see, et Rakverel on vaatluse all olevate linnadega võrreldes kõige madalam

töötuse määr ning kuna mudel eeldab, et madalama töötuse määraga asulatest kolivad inimesed kõrgema töötuse määraga linnadesse, kaotab Rakvere ennustuse järgi inimesi igale linnale – seega ei saa sellist mudelit Rakvere ja teiste linnade rändevoogude ennustamiseks ja uurimiseks kasutada.

Kui lisada algelisele mudelile aga konstandi ja elanike kuukeskmise brutotulu, milles Rakvere on igal aastal Tallinna ja Tartu järel ning Pärnu ja Narva ees palganumbrite järgi kolmandal kohal, ennustab mudel nii suundi kui rändevooge täpsemini kui teine mudel (Tabel 8).

Tabel 8. Kolmanda mudeli erinevus (sulgudes) registreeritud elanike liikumisest Rakvere ja teiste linnade vahel (LA – lahkub; SA – saabub; V - veaprotsent).

	Tallinn		Tartu		Pärnu		Narva		KOKKU erinevused
	LA	SA	LA	SA	LA	SA	LA	SA	
2012	237 (-62)	167 (-94)	35 (-9)	29 (-18)	6 (-1)	6 (-4)	20 (-18)	27 (-23)	527 (-229)
2013	241 (-79)	166 (-120)	35 (-22)	28 (-18)	6 (-4)	6 (-5)	19 (-19)	26 (-25)	527 (-292)
2014	241 (-145)	166 (-126)	35 (-18)	28 (-14)	6 (=0)	6 (-3)	19 (-18)	26 (-20)	527 (-344)
2015	246 (-68)	173 (-117)	34 (+10)	27 (-13)	6 (-3)	6 (-1)	19 (-18)	26 (-26)	537 (-236)
KOKKU erinevused	965 (-354)	672 (-457)	139 (-39)	112 (-63)	24 (-8)	24 (-13)	77 (-73)	105 (-94)	
KOKKU linna erinevused	1637 (-811) V: 101,8%		251 (-102) V: 148,51%		48 (-21) V: 77,77%		182 (-167) V: 1113,33%		2118 (-1101) V: 108,3%

Kui analüüsida tulemusi linnade lõikes eraldi, on tabelist näha, et mudel on ennustanud Rakvere ja Tallinna vahel 4 aasta peale rändajateks 811 inimest registreeritud rändest rohkem, mis tähendab seda, et ülejäänud kolme linna peale kokku on eksitud 290 inimesega. Kuna elanike keskmine brutotulu on iga aasta linnades tõusnud, on ka ennustused vastavalt sellele omavahel sarnased. Näiteks ennustab mudel Rakvere ja Pärnu igaaastaseks elanike sisse- ja väljavooluks 6 inimest. Kuigi reaalsuses on tõenäosus väga väike, et 4 aasta jooksul rändab ühest linnast teise ja vastupidi iga aasta täpselt sama arv inimesi, on Rakvere ja Pärnu rändevood ennustatud võrreldes teiste linnadega kõige täpsemini ning aastal 2014 oligi elanike väljavool Pärnusse 6 inimest, mis vastab ka ennustusele. Võrreldes teise mudeliga, on iga linna veaprotsent langenud, mistõttu võib väita, et kuukeskmise brutopalk on Rakvere gravitatsioonimudeli koostamisel oluliseks muutujaks.

Neljandas gravitatsioonimudel is eksib ennustus 149,16%, mis teeb sellest Rakvere näitel kõige ebatäpsema mudeli (Lisa 22). Erandina võib välja tuua ainult elanike sissevoolu Pärnust Rakverre, kus mudel on eksinud ainult 2 inimesega. Samas on võrreldes kolmanda mudeliga veaprotsendid tõusnud igal linnal –. seega võib väita, et neljas mudel on Rakvere ja teiste linnade vahelise siserände suundade ennustamiseks liiga ebatäpne.

### 3.7 Narva

Esimese gravitatsioonimudeli järgi on Narval kõige suurem tõmme Tallinnaga, millele järgnevad Tartu, Rakvere ning Pärnu (Lisa 11).

Tabel 9. Narva gravitatsioonijõu mudelite veaprotsendid.

	Esimene mudel	Teine mudel	Kolmas mudel	Neljas mudel
Veaprotsent kokku	55,38%	<b>4,8%</b>	6,59%	12%
Tallinnaga	68,84%	36,31%	<b>34,2%</b>	41%
Tartuga	<b>160,92%</b>	512,64%	461,45%	454%
Pärnuga	<b>25%</b>	153,57%	150%	150%
Rakverega	<b>493,33%</b>	1266,66%	1113,33%	1193,33%

Kui veaprotsent on kõikide aastate ja linnade peale kokku kõige suurem, siis sidemed Tartu, Pärnu ja Rakverega on esimene mudel võrreldes teistega ennustanud kõige paremini. Täpseimad on ennustused piirilinna ja Pärnu vaheliste rändevõogude puhul, kus mudeli tulemuste ja registreeritud rände erinevus on ainult 7 inimest, mis teeb veaks 25%. Samas Narva ja Rakvere vahel ennustab mudel, et igaaastaselt vahetab nende linnade vahel elukohta keskmiselt 22 inimest, kuid ametlike andmete järgi on seda teinud keskmiselt 4 inimest aastas.

Teise mudeli puhul on koguennustus Narva puhul kõige täpsem, sest viga on ainult 4,8% (Lisa 17). Samas ei ole antud mudel Narva näitel mitte ühegi linna puhul headuselt esimesel kohal, mida tingib fakt, et Narvas on kõrge tööpuudus, mistõttu ennustab mudel, et piirilinn võib elanikke nii Tallinnalt, Tartult, kui Rakverelt. Kusjuures viimasest peaks ennustuse järgi Narva kolima lausa 3 korda rohkem inimesi, kui Rakverre lahkub. Kuna keskmiselt on tööpuudus Pärnus kõrgem, on see ka ainsaks linnaks, mis ennustuse järgi Narvalt elanikke juurde võib. Kuigi Tallinna puhul on veaks lootustandvad 36,31%, on vastavad arvud Pärnu puhul umbes 150%, Tartu puhul läheneb see 500%-le ning Rakvere veaprotsendiks on juba



1266,66%. Tulemustest võib järeldada, et Narva ja teiste linnade siserände suundade ennustamiseks ja uurimiseks ei saa tööpuudust gravitatsioonimudelisse lisada, sest andmed on kõrge tööpuuduse tõttu ebatäpsed, kuid kogu rändevoogude ennustamiseks antud muutuja Narva näitel sobib.

Tabel 10. Kolmanda mudeli erinevus (sulgudes) registreeritud elanike liikumisest Narva ja teiste linnade vahel (LA – lahkub; SA – saabub; V - veaprotsent).

	Tallinn		Tartu		Pärnu		Rakvere		KOKKU erinevused
	LA	SA	LA	SA	LA	SA	LA	SA	
2012	238 (+232)	121 (-30)	77 (-54)	45 (-27)	10 (-6)	8 (-8)	27 (-23)	20 (-18)	546 (+66)
2013	236 (+299)	121 (-50)	75 (-59)	45 (-41)	10 (-10)	8 (-2)	26 (-25)	19 (-19)	540 (+93)
2014	236 (+146)	121 (-49)	73 (-71)	43 (-39)	10 (-2)	8 (-3)	26 (-20)	19 (-18)	536 (-56)
2015	237 (+212)	122 (-16)	71 (-54)	41 (-38)	9 (-9)	7 (-2)	26 (-26)	19 (-18)	532 (+49)
KOKKU erinevused	947 (+889)	485 (-145)	296 (-238)	174 (-145)	39 (-27)	31 (-15)	105 (-94)	77 (-73)	
KOKKU linna erinevused	1432 (+744) V: 34,2%		470 (-383) V: 461,45%		70 (-42) V: 150%		182 (-167) V: 1113,33%		2154 (+152) V: 6,59%

Kolmas mudel, millesse on integreeritud lisaks konstandile ka elanike keskmine brutotulu, ennustab, et aastatel 2012-2015 vahetab Narva ja teiste linnade vahel elukohta 6,59% registreeritud rändest vähem. Kõikide mudelite peale on kolmas mudel kõige täpsem Narva ja Tallinna omavahelise rände ennustamisel, mille veaks on 34,2%. Kusjuures 2015. aasta Narvast Tallinnasse saabunute arvu ennustamisel on eksitud ainult 16 inimesega. Ülejäänud linnade vead on jäänud võrreldes eelmise mudeliga sarnasele tasemele. Tulemustest võib järeldada, et gravitatsioonimudelit, mis arvestab lisaks konstandile ka elanike keskmist brutotulu, ei saa Narva ja teiste linnade vaheliste rändesuundade ennustamiseks sellise mudelina kasutada, kuid kogurändevoo ennustamiseks kolmas mudel madala veaprotsendi tõttu sobib.

Neljas mudel ennustab aastatel 2012-2015 Narva ja teiste linnade kogurändeks 2029 inimest, mis on tegelikust inimeste arvust ainult 12% väiksem (Lisa 23). Vaadates tulemusi linnade lõikes, võib väita seda, et Tallinna tulemus on ennustatud võrreldes kolmanda mudeliga üsna sarnaseks. Kui Tallinna puhul on ennustatud rändevood ametlikest andmetest väiksemad, siis

ülejäanud linnadega on elukohta vahetavate inimeste arv ennustatud reaalsusest suuremaks. Tabelist võib veel välja lugeda seda, et Narva võidab ikka elanikke Tartult ning kahel aastal isegi Tallinnalt, mistõttu võib väita, et neljas gravitatsioonimudel on Narva puhul rändesuundade ennustamiseks ebatäpne, kuid kogurände ennustamiseks saab seda madala veaprotsendi tõttu kasutada.

## Arutelu

Esmased tulemused andsid rändevoogude ennustamisel liiga kõrged tulemused, mistõttu oli vaja valemities kasutada konstanti. Põhjuseid, miks ilma konstandita tulemused nii ebatäpsed olid, võib olla mitmeid. Esiteks, võrdlen mudeli ennustusi registreeritud rändega, aga tegelik ränne võib olla registreeritud rändest suurem. Näiteks Tammur jt. (2009) analüüsisid olukordi, kus elukoha registreerimisega ei kaasne rännet - või siis vastupidi - kus elukoht vahetub, kuid rände registreerimist ei toimu, või tehakse seda tunduvalt hiljem. Registreeritud ja tegeliku rände erinevus võib olla kuni 20% (Kask, 2009). Enda töös on kasutada vaid registreeritud rände andmeid, mis erinevad inimeste tegelikust liikumisest.

Teiseks, Eestis on palju pendelrändajaid. Ka see inimeste liikumine registreeritud rändes ei avaldu. Rein Ahase jt. (2010) läbiviidud uuringus selgus, et 2010. aasta seisuga tegutseb vähemalt 380 000 elanikku igapäevaselt väljaspool oma elukoha omavalitsust, mis tähendab seda, et tööealistest inimestest üle 40% olid pendelrändajad. Tõsi, peamine asukohavahetajate hulk ei lähe uuringu andmetel kaugemale kui 25 km, mõjutab see siiski inimeste mobiilsuse andmeid. Näiteks, ainuüksi aastal 2009 käis keskmiselt Tallinnas igapäevaselt 667 Rakvere elanikku ning vastupidiselt Tallinnast 424 inimest Rakveres (Silm & Ahas, 2009).

Minu bakalaureusetöö üks eesmäärke on testida mudelite headust linna puhul. Linnade tulemuste omavaheliseks võrdlemiseks leidsin mudeli veaprotsendi.

Töös selgus, et linnade omavaheline kaugus ning rahvastiku arv ei ennustanud antud linnade näitel siserännet õigesti (Tabel 1), kuid muutujate lisamisel läksid ka tulemused täpsemaks. Kui palganumbrite lisamine mudelisse näitas tegelikkusele vastavat rändesuunda, kuid ennustas rändevooge liiga suureks, siis eeldasin, et töötuse arvestamine langetab üksikute linnade omavahelise rände ennustatava arvu ligilähedaseks tegelikele elukoha vahetajate numbritele, kuid seda ei juhtunud. Samas oli sel juhul antud linnade peale kokku veaprotsent väga madal. Seega, suuremate linnade puhul töötasid mudelid paremini.

Kõige paremaks mudeliks Tallinna, Tartu, Pärnu, Rakvere ja Narva näitel oli kolmas gravitatsioonimudel, millesse oli integreeritud lisaks konstandile, rahvastike arvudele ja linnade omavahelistele kaugustele veel elanike kuukeskmise brutotulu. See tulemus kinnitab Siseministeeriumi (2014) uurimuse tulemusi, milles järeldati, et madalad palgad ja töökohtade vahetus on ühed peamised elukohavahetuse põhjused.

Tulemustest selgus, et mida suurem linn, seda paremini mudelid töötasid. Näiteks, kõige paremini oli ennustatud Tallinna, Tartu ja Narva ning halvemini Pärnu ja Rakvere rändevood. Kuna analüüsin bakalaureusetöös rände, sissetulekute ja töötuse ametlikke andmeid just majanduslike mudelitega, võib Rakvere ja Pärnu halvemad tulemused tuleneda ka sellest, et midagi on valesti rände, palga ja töötuse ametlike näitajatega. Näiteks leidis Pärnu Postimees (2012) 5 aastat tagasi, et Linnavalitsuse ja Statistikaameti rahvastikuandmed erinevad üksteisest, mistõttu ei saa olla täiesti kindel ka teiste andmete õigsuses.

Mudelite ebatäpsused võivad tuleneda ka sellest, et olen mudelitesse integreerinud ainult kahte majandusnäitajat, milleks olid töötuse määr ning elanike kuukeskmise brutopalk. Majandusnäitajaid võiks proovida mudelitesse integreerida rohkem ning üheks võimaluseks oleks vaadata vabade töökohtade arvu ning vabade elamispindade arvu ja hindu, mis on Eestis olnud suureks rändepõhjuseks (Siseministeerium, 2014). Samuti ei arvesta minu praegused mudelid näiteks perekondlikel põhjustel toimuva rände mõjutajaid, mis on oluline osa rände põhjustest (Ainsaar, 2000; Lüll, 2014).

## Kokkuvõte

Antud bakalaureusetöö eesmärgiks oli testida rände gravitatsioonimudeli headust Eesti suuremate linnadega seotud siserände puhul. Samuti otsisin vastuseid küsimustele, kui suurel määral on Eesti siserännet võimalik rände gravitatsioonimudeliga ette ennustada ning missugune mudelitest on linnade puhul kõige täpsem. Kasutasin 4 erinevat mudelit, kus esimese kolme puhul on kasutatud rahvaarvu, linnade vahemaad, konstanti, töötuse määra ja elanike kuukeskmist brutopalka ning viimases mudelis on kõik eelnevad muutujad integreeritud üheks suureks mudeliks.

Sobiva konstandi leidmine oligi selle töö esimeseks tulemuseks - lihtsalt linnade rahvaarvust ning nendevahelisest kaugusest Eesti linnade puhul rändevooge ennustada ei saa, sest tulemused on liiga erinevad.

Mudelite veaprotsente analüüsid selgus, et kasutatud rände gravitatsioonimudelitest osutus valitud linnade puhul kõige täpsemaks vahemaad, rahvaarvu, konstanti ja elanike kuukeskmist brutotulu arvestav mudel. Vaatamata sellele, et näiteks Rakvere kogu rändevooge ennustas kõige paremini esimene mudel, Tallinna rännet teine ning näiteks Tartu rännet neljas, on kokkuvõttes kolmanda mudeli viga teistest kõige madalam.

Tulemustest selgus, et gravitatsioonimudel võib olla Eesti puhul abiks siserände ennustamisel, kui valida sellesse õiged muutujad. Ainult töötuse määra kasutamisel on veaprotsendid suuremad, kuid palganumbrite arvestamisel on rändesuundade ennustused õiged ning ka linnade ja aastate lõikes on tulemused täpsemad.

Soovitan tulevikus uurida rände gravitatsioonimudeliga Eesti maapiirkondade ja linnade vahelist rändemotivatsiooni. Kuna rändemotivatsioon võib erineda vastavalt soole ja vanusele, soovitan proovida kasutada mudelit väikeste inimgruppide kaupa ning töötuse määra asemel kasutada mõnda muud muutujat, mis võiks vastava inimgrupi rändemotivatsiooni tõsta või langetada. Kuna inimesed ei pruugi reageerida kiiresti sotsiaalsetele ja majanduslikele muutustele, võiks uurida, kas rände gravitatsioonimudel on pikaajalise rände ennustamisel täpsem.

## Kasutatud kirjandus

- Ahas, R., Silm, S., Leetmaa, K., Tammaru, T., Saluveer, E., Järv, O., Aasa, A., Tiru, M. (2010). *Regionaalne pendelrändeuuring*. Tartu: Tartu Ülikool
- Ainsaar, M. (2004). *Reasons for Move: A Study on Trends and Reasons of Internal Migration With Particular Interest In Estonia 1989-2000*. Turku: University of Turku.
- Aleshkovski, I. & Iontsev, V. (2005). *Mathematical Models of Migration*. Encyclopedia of Life Support Systems, Vol. 2. Oxford: EOLSS.
- Anderson, J. E., & Wincoop, E. (2003). *Gravity with Gravitas: A Solution to the Border Puzzle*. American Economic Review, Vol. 93, No. 1. DOI: 10.1257/000282803321455214
- Dennett, A. R. (2010). *Understanding Internal Migration in Britain at the Start of the 21st Century*. Leeds: The University of Leeds.
- Fouberg, E. H., Murphy, A. B., de Blij, H. J. (2007). *Human Geography: People, Place and Culture*. New York: John Wiley and Sons.
- Greenwood, M. J. (1997). Internal migration in developed countries. M. R. Rosenzweig & O. Stark (Toim), *Handbook of Population and Family Economics*. (lk 647-712). Colorado: Elsevier Science B.V.
- Jõeveer, J. (2003). Siserände vanuserisused üleminekuaja Eestis. H. Kulu ja T. Tammaru (Toim), *Ränne üleminekuaja Eestis*. (lk 28-48). Tallinn: Statistikaamet.
- Kask, U. (2009) *Rahvastikuarvestus*. Tallinn: Statistikaamet
- Kontuly, T. & Tammaru, T. (2006). *Population Subgroups Responsible for New Urbanization and Suburbanization in Estonia*. European Urban and Regional Studies. 13:4. 319-336. DOI: 10.1177/0969776406065435
- Kulu, H. & Billari, F. (2004). *Multilevel Analysis of Internal Migration in a Transitional Country: The Case of Estonia*. Regional Studies, 38:6. 679-696. DOI: 10.1080/0034340420000240978
- Kutsar, K. (2003). Siserände sooerisused üleminekuaja Eestis. H. Kulu ja T. Tammaru (Toim), *Ränne üleminekuaja Eestis*. (lk 49-65). Tallinn: Statistikaamet.

- Leetmaa, K., Tammaru, T., Hess, D. B., Mägi, K. (2014). *Naabrite rahvuse ja jõukusega seotud elukohaeelistused Tartus*. Annals of the Association of American Geographers, Vol 105. DOI: 10.1080/00045608.2014.962973
- Leetmaa, K. & Väiko, A. (2015). Siseränne Eesti asustussüsteemi kujundajana aastatel 1989-2011. T. Rosenberg (Toim), *Rahvastiku areng*. (lk 76-113). Tallinn: Statistikaamet.
- Lu, M. (1999). Do People Move When They Say They Will? Inconsistencies in Individual Migration Behavior. *Population and Environment: A Journal of Interdisciplinary Studies*. Vol 20.
- Lüll, A. (2014). *Noorte siseränne Eestis perioodil 1989-2011*. Tartu: Tartu Ülikool.
- Majmundar, M., Carriquiry, A. (2013). *Options for Estimating Illegal Entries at the US-Mexico Border*. Washington: National Academies Press.
- Niedomysl, T. (2011). How Migration Motives Change Over Migration Distance: Evidence on Variation Across Socio-economic and Demographic Groups. *Regional Studies*. Vol 45:6. DOI: 10.1080/00343401003614266
- Noorkõiv K., Plakk M., Rahno J. (2012). Rahvastik. Põder, K (Toim) *Eesti statistika aastaraamat 2012*. (lk 47-66 ), Tallinn: Ofset OÜ.
- Nowok, B., van Ham, M., Findlay, A. M., Gayle, V. (2013). Does Migration Make You Happy? A Longitudinal Study of Internal Migration and Subjective Well-Being. *Environment and Planning*, 45,- 986-1002 DOI: 10.1068/a45287
- Odlyzko, A. (2015). The Forgotten Discovery of Gravity Models and the Inefficiency of Early Railway Networks. *Economia*. 5:2. DOI: 10.4000/oeconomia.1684
- Pärnu linn ja statistikaamet ajavad eri joont (2012). *Pärnu Postimees*, 3. August. Kasutatud 29.05.2017 <http://parnu.postimees.ee/928072/parnu-linn-ja-statistikaamet-ajavad-eri-joont>
- Ramos, R. (2016). Gravity Models: A Tool for Migration Analysis. *IZA World of Labor* 2016. Vol 239. DOI: 10.15185/izawol.239
- Reilly, W.J. (1931). *The Law of Retail Gravitation*. New York: Knickerbocker Press.

Rogers, T. W. (1969). *Migration Prediction on the basis of Prior Migratory Behavior: A Methodological Note*. International Migration, 7, 13-19. DOI: 10.1111/j.1468-2435.1969.tb00286.x

Saluorg, J. (2015). *Gravitatsioonimudelite kasutamine ekspordivoogude analüüsimisel Eesti näitel*. Tartu: Tartu Ülikool.

Silm, S. & Ahas, R. (2009). *Rakvere linnaregioon ja seosed teiste piirkondadega*. Tartu: Tartu Ülikool.

Siseministeerium (2014). *Eesti regionaalarengu strateegia 2014-2020*. Tallinn: Siseministeerium.

Tammur, A. (2003). Siserände rahvuserisused üleminekuaja Eestis. H. Kulu ja T. Tammaru (Toim), *Ränne üleminekuaja Eestis*. (lk 66-82). Tallinn: Statistikaamet.

Tammur, A. (2009). Siserände suundumused. T. Tammaru ja A. Tammur (Toim), *Ränne*. Tallinn: Statistikaamet.

Tammur, A., Rannala, H., Valgma, Ü., Herm, A., Pungas, E. (2009). Rändeandmete metoodika ja kvaliteet. T. Tammaru ja A. Tammur (Toim), *Ränne*. Tallinn: Statistikaamet.

Thomas R. W. & Huggett R. (1980). *Modelling in Geography: A Mathematical Approach*. New York: Harper & Row.

Uiboupin, M. (2003). Siserände hariduserinevused üleminekuaja Eestis. H. Kulu ja T. Tammaru (Toim), *Ränne üleminekuaja Eestis*. (lk 83-103). Tallinn: Statistikaamet.



## Lisad

Lisa 1. Aastakeskmise rahvastik aastatel 2012-2015 (RV028)

	2012	2013	2014	2015
Tallinn	404 960	408 561	412 423	418 601
Tartu	99 538	98 984	97 891	95 510
Pärnu	40 515	40 185	39 895	39 806
Rakvere	15 582	15 486	15 351	15 525
Narva	60 171	59 469	58 712	58 290

Allikas: Statistikaamet

Lisa 2. Linnadevahelised kaugused kilomeetrites

	Tallinn	Tartu	Pärnu	Rakvere	Narva
Tallinn	0	186	128	99	211
Tartu	186	0	174	123	178
Pärnu	128	174	0	178	291
Rakvere	99	123	178	00	113
Narva	211	178	291	113	0

Allikas: Maanteeamet

Lisa 3. Esimese mudeli järgi arvutatud rändemahud (ilma konstandita) aastal 2012 (ümardatud komakohtadeni).

	Tallinn	Tartu	Pärnu	Rakvere	Narva
Tallinn		1 165 132	1 001 401	643 820	547 311
Tartu	1 165 132		133 201	102 518	189 032
Pärnu	1 001 401	133 201		19 925	28 788
Rakvere	643 820	102 518	19 925		73 427
Narva	547 311	189 032	28 788	73 427	

Lisa 4. Esimese mudeli järgi arvutatud rändemahud (ilma konstandita) aastal 2013 (ümardatud komakohtadeni).

	Tallinn	Tartu	Pärnu	Rakvere	Narva
Tallinn		1 168 950	1 001 403	645 544	545 736
Tartu	1 168 950		131 380	101 320	185 787
Pärnu	1 001 403	131 380		19 641	28 221
Rakvere	645 544	101 320	19 641		72 123
Narva	545 736	185 787	28 221	72 123	

Lisa 5. Esimese mudeli järgi arvutatud rändemahud (ilma konstandita) aastal 2014 (ümardatud komakohtadeni).

	Tallinn	Tartu	Pärnu	Rakvere	Narva
Tallinn		1 166 970	1 004 249	645 965	543 882
Tartu	1 166 970		128 992	99 327	181 397
Pärnu	1 004 249	128 992		19 329	27 660
Rakvere	645 965	99 327	19 329		70 584
Narva	543 882	181 397	27 660	70 584	

Lisa 6. Esimese mudeli järgi arvutatud rändemahud (ilma konstandita) aastal 2015 (ümardatud komakohtadeni).

	Tallinn	Tartu	Pärnu	Rakvere	Narva
Tallinn		1 155 642	1 017 019	663 073	548 062
Tartu	1 155 642		125 574	98 010	175 713
Pärnu	1 071 019	125 574		19 505	27 400
Rakvere	663 073	98 010	19 505		70 871
Narva	548 062	175 713	27 400	70 871	

Lisa 7. Esimese mudeli erinevus (sulgudes) registreeritud elanike liikumisest Tallinna ja teiste linnade vahel (LA – lahkub; SA – saabub; V – veaprotsent, G – gravitatsioonimudeli tulemus).

	Tartu			Pärnu			Rakvere			Narva			KOKKU erinevused
	LA	SA	G	LA	SA	G	LA	SA	G	LA	SA	G	
2012	285	646	361	147	367	310	73	175	199	91	470	170	1040 (+1214)
2013	204	964	362	133	349	310	46	162	200	71	535	169	1041 (+1423)
2014	212	774	362	135	286	311	40	96	200	72	382	169	1042 (+955)
2015	283	804	358	179	336	315	56	178	206	106	449	170	1049 (+1342)
KOKKU erinevused	1443 (+2729) V: 65,41%			1246 (+686) V: 35,51%			805 (+21) V: 2,54%			678 (+1498) V: 68,84%			4172 (+4934) V: 54,2%

Lisa 8. Esimese mudeli erinevus (sulgudes) registreeritud elanike liikumisest Tartu ja teiste linnade vahel (LA – lahkub; SA – saabub; V – veaprotsent, G – gravitatsioonimudeli tulemus).

	Tallinn			Pärnu			Rakvere			Narva			KOKKU erinevused
	LA	SA	G	LA	SA	G	LA	SA	G	LA	SA	G	
2012	646	285	361	36	41	41	11	26	32	18	23	59	493 (+593)
2013	964	204	362	25	20	41	10	13	31	4	16	58	492 (+764)
2014	774	212	362	39	33	40	14	17	31	4	2	56	489 (+606)
2015	804	283	358	33	32	39	14	44	30	3	17	54	481 (+749)
KOKKU erinevused	1443 (+2729) V: 65,41%			161 (+98) V: 37,84%			124 (+25) V: 16,79%			227 (-140) V: 160,92%			1955 (+2712) V: 58,1%

Lisa 9. Esimese mudeli erinevus (sulgudes) registreeritud elanike liikumisest Pärnu ja teiste linnade vahel (LA – lahkub; SA – saabub; V – veaprotsent, G – gravitatsioonimudeli tulemus).

	Tallinn			Tartu			Rakvere			Narva			KOKKU erinevused
	LA	SA	G	LA	SA	G	LA	SA	G	LA	SA	G	
2012	367	147	310	41	36	41	2	5	6	0	4	9	366 (+236)
2013	349	133	310	20	25	41	1	2	6	6	0	9	366 (+170)
2014	286	135	311	33	39	40	3	6	6	5	8	9	366 (+149)
2015	336	179	315	32	33	39	5	3	6	5	0	8	368 (+225)
KOKKU erinevused	1246 (+686) V: 35,51%			161 (+98) V: 37,84%			24 (+3) V: 11,11%			35 (-7) V: 25%			1466 (+780) V: 65,3%

Lisa 10. Esimese mudeli erinevus (sulgudes) registreeritud elanike liikumisest Rakvere ja teiste linnade vahel (LA – lahkub; SA – saabub; V – veaprotsent, G – gravitatsioonimudeli tulemus).

	Tallinn			Tartu			Pärnu			Narva			KOKKU erinevused
	LA	SA	G	LA	SA	G	LA	SA	G	LA	SA	G	
2012	175	73	199	26	11	32	5	2	6	2	4	23	260 (+38)
2013	162	46	200	13	10	31	2	1	6	0	1	22	259 (-24)
2014	96	40	200	17	14	31	6	3	6	1	6	22	259 (-76)
2015	178	56	206	44	14	30	3	5	6	1	0	22	264 (+37)
KOKKU erinevused	805 (+21) V: 2,54%			124 (+25) V: 16,79%			24 (+3) V: 11,11%			89 (-74) V: 493,33%			1042 (-25) V: 2,46%

Lisa 11. Esimese mudeli erinevus (sulgudes) registreeritud elanike liikumisest Narva ja teiste linnade vahel (LA – lahkub; SA – saabub; V – veaprotsent, G – gravitatsioonimudeli tulemus).

	Tallinn			Tartu			Pärnu			Rakvere			KOKKU erinevused
	LA	SA	G	LA	SA	G	LA	SA	G	LA	SA	G	
2012	470	91	170	23	18	59	4	0	9	4	2	23	261 (+351)
2013	535	71	169	16	4	58	0	6	9	1	0	22	258 (+375)
2014	382	72	169	2	4	56	8	5	9	6	1	22	256 (+224)
2015	449	106	170	17	3	54	0	5	8	0	1	22	254 (+327)
KOKKU erinevused	678 (+1498) V: 68,84%			227 (-140) V: 160,92%			35 (-7) V: 25%			89 (-74) V: 493,33%			1029 (+1277) V: 55,38%

Lisa 12. Töötuse määr aastatel 2012-2015 (ümardatud kümnelisteni).

	2012	2013	2014	2015
Tallinn	9,5%	8,6%	6,9%	5,4%
Tartu	7,9%	5,8%	4,6%	3,2%
Pärnu	10,5%	10,9%	7,1%	9%
Rakvere	6,5%	5,6%	4,2%	4,5%
Narva	11,4%	9,5%	7,5%	7,7%

Allikas: Statistikaamet

Lisa 13. Teise mudeli erinevus (sulgudes) registreeritud elanike liikumisest Tallinna ja teiste linnade vahel (LA – lahkub; SA – saabub; V - veaprotsent).

	Tartu		Pärnu		Rakvere		Narva		KOKKU erinevused
	LA	SA	LA	SA	LA	SA	LA	SA	
2012	300 (-15)	434 (+212)	343 (-196)	280 (+87)	136 (-63)	291 (-116)	204 (-113)	142 (+328)	2130 (+124)
2013	244 (-40)	537 (+427)	393 (-260)	245 (+104)	130 (-84)	307 (-145)	187 (-116)	153 (+382)	2196 (+268)
2014	241 (-29)	543 (+231)	320 (-185)	302 (-16)	122 (-82)	329 (-233)	184 (-112)	155 (+227)	2196 (-199)
2015	212 (+71)	604 (+200)	525 (-346)	189 (+147)	172 (-116)	247 (-69)	242 (-136)	119 (+330)	2310 (+81)
KOKKU erinevused	997 (-13)	2118 (+1070)	1581 (-987)	1016 (+322)	560 (-345)	1174 (-563)	817 (-477)	569 (+1267)	
KOKKU linna erinevused	3115 (+1057) V: 25,34%		2597 (-665) V: 34,42%		1734 (-908) V: 109,93%		1386 (+790) V: 36,31%		8832 (+274) V: 3%

Lisa 14. Teise mudeli erinevus (sulgudes) registreeritud elanike liikumisest Tartu ja teiste linnade vahel (LA – lahkub; SA – saabub; V - veaprotsent).

	Tallinn		Pärnu		Rakvere		Narva		KOKKU erinevused
	LA	SA	LA	SA	LA	SA	LA	SA	
2012	434 (+212)	300 (-15)	55 (-19)	31 (+10)	26 (-15)	39 (-13)	85 (-67)	41 (-18)	1011 (+75)
2013	537 (+427)	244 (-40)	77 (-52)	22 (-2)	31 (-21)	32 (-19)	95 (-91)	35 (-19)	1073 (+183)
2014	543 (+231)	241 (-29)	62 (-23)	26 (+7)	28 (-14)	34 (-17)	91 (-87)	34 (-32)	1059 (+36)
2015	604 (+200)	212 (+71)	110 (-77)	14 (+18)	42 (-28)	21 (+23)	130 (-127)	22 (-5)	1155 (+75)
KOKKU erinevused	2118 (+1070)	997 (-13)	304 (-171)	93 (+33)	127 (-78)	126 (-26)	401 (-372)	132 (-74)	
KOKKU linna erinevused	3115 (+1057) V: 25,34%		397 (-138) V: 53,28%		253 (-104) V: 69,8%		533 (-446) V: 512,64%		4298 (+369) V: 7,9%

Lisa 15. Teise mudeli erinevus (sulgudes) registreeritud elanike liikumisest Pärnu ja teiste linnade vahel (LA – lahkub; SA – saabub; V - veaprotsent).

	Tallinn		Tartu		Rakvere		Narva		KOKKU erinevused
	LA	SA	LA	SA	LA	SA	LA	SA	
2012	280 (+87)	343 (-196)	31 (+10)	55 (-19)	4 (-2)	10 (-5)	10 (-10)	8 (-4)	741 (-139)
2013	245 (+104)	393 (-260)	22 (-2)	77 (-52)	3 (-2)	12 (-10)	8 (-2)	10 (-10)	770 (-234)
2014	302 (-16)	320 (-185)	26 (+7)	62 (-23)	4 (-1)	10 (-4)	10 (-5)	9 (-1)	743 (-228)
2015	189 (+147)	525 (-346)	14 (+18)	110 (-77)	3 (+2)	12 (-9)	7 (-2)	9 (-9)	869 (-276)
KOKKU erinevused	1016 (+322)	1581 (-987)	93 (+33)	304 (-171)	14 (-3)	44 (-28)	35 (-19)	36 (-24)	
KOKKU linna erinevused	2597 (-665) V: 34,42%		397 (-138) V: 53,28%		58 (-31) V: 114,81%		71 (-43) V: 153,57%		3123 (-877) V: 39%

Lisa 16. Teise mudeli erinevus (sulgudes) registreeritud elanike liikumisest Rakvere ja teiste linnade vahel (LA – lahkub; SA – saabub; V - veaprotsent).

	Tallinn		Tartu		Pärnu		Narva		KOKKU erinevused
	LA	SA	LA	SA	LA	SA	LA	SA	
2012	291 (-116)	136 (-63)	39 (-13)	26 (-15)	10 (-5)	4 (-2)	40 (-38)	13 (-9)	559 (-261)
2013	307 (-145)	130 (-84)	32 (-19)	31 (-21)	12 (-10)	3 (-2)	37 (-37)	13 (-12)	565 (-330)
2014	329 (-233)	122 (-82)	34 (-17)	28 (-14)	10 (-4)	4 (-1)	39 (-38)	12 (-6)	578 (-395)
2015	247 (-69)	172 (-116)	21 (+23)	42 (-28)	12 (-9)	3 (+2)	38 (-37)	13 (-13)	548 (-247)
KOKKU erinevused	1174 (-563)	560 (-345)	126 (-26)	127 (-78)	44 (-28)	14 (-3)	154 (-150)	51 (-40)	
KOKKU linna erinevused	1734 (-908) V: 109,93%		253 (-104) V: 69,8%		58 (-31) V: 114,81%		205 (-190) V: 1266,66%		2250 (-1233) V: 121,24%

Lisa 17. Teise mudeli erinevus (sulgudes) registreeritud elanike liikumisest Narva ja teiste linnade vahel (LA – lahkub; SA – saabub; V - veaprotsent).

	Tallinn		Tartu		Pärnu		Rakvere		KOKKU erinevused
	LA	SA	LA	SA	LA	SA	LA	SA	
2012	142 (+328)	204 (-113)	41 (-18)	85 (-67)	8 (-4)	10 (-10)	13 (-9)	40 (-38)	543 (+69)
2013	153 (+382)	187 (-116)	35 (-19)	95 (-91)	10 (-10)	8 (-2)	13 (-12)	37 (-37)	538 (+95)
2014	155 (+227)	184 (-112)	34 (-32)	91 (-87)	9 (-1)	10 (-5)	12 (-6)	39 (-38)	534 (-54)
2015	119 (+330)	242 (-136)	22 (-5)	130 (-127)	9 (-9)	7 (-2)	13 (-13)	38 (-37)	580 (+1)
KOKKU erinevused	569 (+1267)	817 (-477)	132 (-74)	401 (-372)	36 (-24)	35 (-19)	51 (-40)	154 (-150)	
KOKKU linna erinevused	1386 (+790) V: 36,31%		533 (-446) V: 512,64%		71 (-43) V: 153,57%		205 (-190) V: 1266,66%		2195 (+111) V: 4,8%

Lisa 18. Palgatöötaja kuukeskmise brutotulu eurodes aastatel 2012-2015 (ümardatud komakohtadeni).

	2012	2013	2014	2015
Tallinn	928	985	1038	1 098
Tartu	859	915	968	1 031
Pärnu	753	798	843	893
Rakvere	779	819	863	921
Narva	662	704	744	787

Allikas: Statistikaamet

Lisa 19. Neljanda mudeli erinevus (sulgudes) registreeritud elanike liikumisest Tallinna ja teiste linnade vahel (LA – lahkub; SA – saabub; V - veaprotsent).

	Tartu		Pärnu		Rakvere		Narva		KOKKU erinevused
	LA	SA	LA	SA	LA	SA	LA	SA	
2012	278 (+7)	401 (+245)	279 (-132)	346 (+21)	114 (-41)	346 (-171)	145 (-54)	101 (+369)	2010 (+244)
2013	227 (-23)	578 (+386)	318 (-185)	302 (+47)	108 (-62)	370 (-208)	134 (-63)	214 (+321)	2251 (+213)
2014	225 (-13)	582 (+192)	260 (-125)	372 (-86)	101 (-61)	396 (-300)	132 (-60)	217 (+165)	2285 (-288)
2015	199 (+84)	643 (+161)	427 (-248)	232 (+104)	144 (-88)	295 (-117)	174 (-68)	166 (+283)	2280 (+11)
KOKKU erinevused	929 (+55)	2204 (+984)	1284 (-690)	1252 (+86)	467 (-252)	1407 (-796)	585 (-245)	698 (+1138)	
KOKKU linna erinevused	3133 (+1039) V: 24,9%		2536 (-604) V: 31,26%		1874 (-1048) V: 126,88%		1283 (+893) V: 41%		8826 (+280) V: 3,07%

Lisa 20. Neljanda mudeli erinevus (sulgudes) registreeritud elanike liikumisest Tartu ja teiste linnade vahel (LA – lahkub; SA – saabub; V - veaprotsent).

	Tallinn		Pärnu		Rakvere		Narva		KOKKU erinevused
	LA	SA	LA	SA	LA	SA	LA	SA	
2012	401 (+245)	278 (+7)	48 (-12)	35 (+6)	24 (-6)	43 (-20)	65 (-47)	53 (-30)	947 (+143)
2013	578 (+386)	227 (-23)	68 (-43)	26 (-6)	27 (-23)	36 (-20)	74 (-70)	46 (-30)	1082 (+171)
2014	582 (+192)	225 (-13)	54 (-15)	30 (+3)	26 (-22)	38 (-36)	70 (-66)	45 (-43)	1070 (=0)
2015	643 (+161)	199 (+84)	96 (-63)	16 (+16)	38 (-35)	24 (-7)	99 (-96)	30 (-13)	1145 (+47)
KOKKU erinevused	2204 (+984)	929 (+55)	266 (-133)	107 (+19)	115 (-86)	141 (-83)	308 (-279)	174 (-116)	
KOKKU linna erinevused	3133 (+1039) V: 24,9%		373 (-114) V: 49,78%		256 (-169) V: 194,25%		482 (-395) V: 396,9%		4244 (+361) V: 7,84%



Lisa 21. Neljanda mudeli erinevus (sulgudes) registreeritud elanike liikumisest Pärnu ja teiste linnade vahel (LA – lahkub; SA – saabub; V - veaprotsent).

	Tallinn		Tartu		Rakvere		Narva		KOKKU erinevused
	LA	SA	LA	SA	LA	SA	LA	SA	
2012	346 (+21)	279 (-132)	35 (+6)	48 (-12)	4 (-4)	10 (-6)	9 (-9)	9 (-5)	740 (-141)
2013	302 (+47)	318 (-185)	26 (-6)	68 (-43)	3 (+3)	12 (-12)	7 (-1)	11 (-11)	747 (-208)
2014	372 (-86)	260 (-125)	30 (+3)	54 (-15)	4 (+1)	10 (-2)	8 (-3)	9 (-1)	747 (-228)
2015	232 (+104)	427 (-248)	16 (+16)	96 (-63)	3 (+2)	12 (-12)	6 (-1)	11 (-11)	803 (-213)
KOKKU erinevused	1252 (+86)	1284 (-690)	107 (+19)	266 (-133)	14 (+2)	44 (-32)	30 (-14)	40 (-28)	
KOKKU linna erinevused	2536 (-604) V: 31,26%		373 (-114) V: 49,78%		58 (-30) V: 107,14%		70 (-42) V: 150%		3037 (-790) V: 35,16%

Lisa 22. Neljanda mudeli erinevus (sulgudes) registreeritud elanike liikumisest Rakvere ja teiste linnade vahel (LA – lahkub; SA – saabub; V - veaprotsent).

	Tallinn		Tartu		Pärnu		Narva		KOKKU erinevused
	LA	SA	LA	SA	LA	SA	LA	SA	
2012	346 (-171)	114 (-41)	43 (-20)	24 (-6)	10 (-6)	4 (-4)	35 (-31)	15 (-13)	591 (-292)
2013	370 (-208)	108 (-62)	36 (-20)	27 (-23)	12 (-12)	3 (+3)	32 (-31)	15 (-15)	603 (-368)
2014	396 (-300)	101 (-61)	38 (-36)	26 (-22)	10 (-2)	4 (+1)	34 (-28)	15 (-14)	624 (-462)
2015	295 (-117)	144 (-88)	24 (-7)	38 (-35)	12 (-12)	3 (+2)	33 (-33)	15 (-14)	564 (-304)
KOKKU erinevused	1407 (-796)	467 (-252)	141 (-83)	115 (-86)	44 (-32)	14 (+2)	134 (-123)	60 (-56)	
KOKKU linna erinevused	1874 (-1048) V: 126,88%		256 (-169) V: 194,25%		58 (-30) V: 107,14%		194 (-179) V: 1193,33%		2382 (-1426) V: 149,16%

Lisa 23. Neljanda mudeli erinevus (sulgudes) registreeritud elanike liikumisest Narva ja teiste linnade vahel (LA – lahkub; SA – saabub; V - veaprotsent).

	Tallinn		Tartu		Pärnu		Rakvere		KOKKU erinevused
	LA	SA	LA	SA	LA	SA	LA	SA	
2012	101 (+369)	145 (-54)	53 (-30)	65 (-47)	9 (-5)	9 (-9)	15 (-13)	35 (-31)	432 (+180)
2013	214 (+321)	134 (-63)	46 (-30)	74 (-70)	11 (-11)	7 (-1)	15 (-15)	32 (-31)	533 (+100)
2014	217 (+165)	132 (-60)	45 (-43)	70 (-66)	9 (-1)	8 (-3)	15 (-14)	34 (-28)	530 (-50)
2015	166 (+283)	174 (-68)	30 (-13)	99 (-96)	11 (-11)	6 (-1)	15 (-14)	33 (-33)	534 (+47)
KOKKU erinevused	698 (+1138)	585 (-245)	174 (-116)	308 (-279)	40 (-28)	30 (-14)	60 (-56)	134 (-123)	
KOKKU linna erinevused	1283 (+893) V: 41%		482 (-395) V: 454%		70 (-42) V: 150%		194 (-179) V: 1193,33%		2029 (+277) V: 12,39%

## **Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks**

Mina, Robin Aleks Jõgi,

1. annan Tartu Ülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose „Rände gravitatsioonimudeli headuse testimine Tallinna, Tartu, Pärnu, Narva ja Rakvere näitel aastatel 2012-2015“, mille juhendaja on Mare Ainsaar.

1.1. reprodutseerimiseks säilitamise ja üldsusele kättesaadavaks tegemise eesmärgil, sealhulgas digitaalarhiivi DSpace-is lisamise eesmärgil kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;

1.2. üldsusele kättesaadavaks tegemiseks Tartu Ülikooli veebikeskkonna kaudu, sealhulgas digitaalarhiivi DSpace'i kaudu kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni.

2. olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.

3. kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid õigusi.

Tartus, 29.05.2017